Des transformations qui transforment !

Alain Mascret(*)

Les transformations géométriques au programme du collège conservent l'alignement, les longueurs, les angles, les aires, les milieux, le parallélisme et l'orthogonalité. Ce sont des isométries et même, à part la symétrie axiale, des déplacements.

Nous insistons sur les propriétés de conservation, car ces propriétés sont souvent utiles dans les démonstrations, cependant, pour l'élève, ces transformations ne transforment pas. La figure image ressemble trop à la figure de départ. Il risque également de croire que toutes les transformations possèdent les propriétés de conservation que nous avons l'habitude de lui faire énumérer. De plus, cette énumération apparaîtra souvent comme un rituel vide de sens, une lubie de prof de math !

Si nous voulons que l'élève perçoive le sens et l'intérêt de ces propriétés, il faut lui montrer des transformations qui ne les possèdent pas, et ceci, le plus tôt possible, dès la sixième. Ce travail fournit l'occasion de mesurer des longueurs, des angles et des aires. Il permet également une approche de la notion de contre-exemple et de preuve.

1. Activités en sixième ou « Croyez-vous au Père Noël ? »

Les activités décrites ici ayant lieu en décembre, c'est le Père Noël qui va se prêter au jeu des transformations. Il s'agit d'une série de trois devoirs à la maison. Au cours d'une première séance, je présente le devoir à la classe pour préciser ce que j'en attends et expliquer les notions nouvelles. Au bout d'une semaine, les élèves me rendent une première version de leur travail que je corrige sans la noter. Ceci me permet de revenir en classe sur les principales erreurs rencontrées et l'élève me rend la version définitive de son travail la semaine suivante. L'heure de soutien peut également être utilisée pour certains.

Dans le cas présent, les notions nouvelles sont le repérage dans un plan, la mesure des angles et celle des aires. Je les aborde à l'occasion de ces activités.

Présentation du premier devoir :

Les points sont définis par leurs coordonnées.

A (4 ; 12) B (4 ; 9) C (8 ; 9)
D (5 ; 5) E (6 ; 1) F (0 ; 2)
G (2 ; 8) H (2 ; 9) I (1,5 ; 9)
J (2 ; 10)

L'élève doit tracer les triangles ABJ, BCD, le quadrilatère BEFG et le pentagone GHIJB.

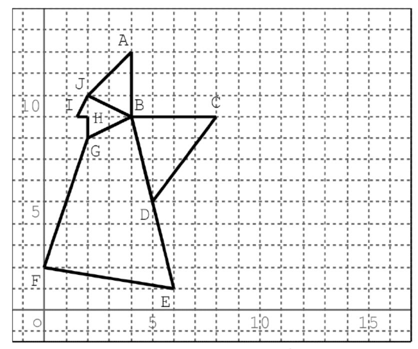


Figure de départ (nº 0)

(*) Collège La Champagne, Gevrey-Chambertin.

Il doit ensuite effectuer les transformations 1 et 2 (voir page suivante) et répondre aux questions : ces transformations conservent-elles les longueurs et les angles ?

Les élèves savent déjà placer un point d'abscisse donnée sur une droite graduée. La nouveauté ici est d'utiliser conjointement deux graduations pour placer des points dans le plan. Ceci ne présente pas de difficulté particulière, si ce n'est l'ordre conventionnel des coordonnées. Mais ils ont déjà joué à la bataille navale !

Les calculs sont très simples : une multiplication par deux. Les élèves demandent à la faire « de tête », sans devoir l'écrire. Je suis d'accord.

Les nouvelles coordonnées trouvées donneront une nouvelle figure qui sera tracée sur une feuille différente, de façon à pouvoir la comparer plus aisément avec la figure de départ.

Il me faut ensuite expliquer ce que j'entends par « la transformation conserve les longueurs ». Il faudra mesurer la longueur d'un segment, puis celle de son image et les comparer. Si un segment et son image n'ont pas la même longueur, cela me suffit pour dire que la transformation ne conserve pas les longueurs.

La même démarche devra être suivie pour les angles. Quelques élèves sont inquiets : ils ne savent pas mesurer un angle. C'est normal et ce sera notre travail en classe pendant cette semaine. L'apprentissage de la mesure des angles se fera donc *parce qu'on en a besoin*. Cette manière de faire motive davantage les élèves mais surprend beaucoup les parents.

Pendant la semaine qui suit cette présentation, je fais mesurer des angles définis par trois points dont je donne les coordonnées. Ainsi, l'exercice fait en classe reste-t-il proche de celui proposé en devoir. Les mesures des élèves étant souvent différentes, c'est aussi l'occasion de parler des incertitudes de mesure et de faire une « étude statistique » des résultats obtenus concrètement.

Correction du premier devoir et présentation du deuxième :

Figure n° 1 :

$x_1 = 2 \times x$

$y_1 = y$

Figure n° 2 :

$x_2 = x$

$y_2 = 2 \times y$

La transformation est visiblement du même type que la précédente et appelle des remarques analogues (figure non reproduite).

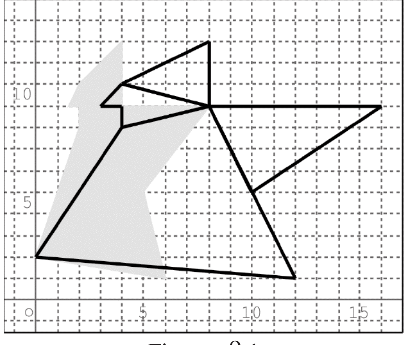


Figure n° 1

Les élèves remarquent, en comptant les carreaux ou en mesurant, que certaines longueurs sont doublées, comme BC et que d'autres ne changent pas, comme AB.

Je dois insister sur le fait qu'il suffit qu'une longueur change pour que la transformation ne conserve pas les longueurs. En général, les longueurs sont multipliées par un nombre compris entre 1 et 2. Certains élèves remarquent que ce nombre dépend de l'inclinaison du segment sur l'horizontale. Plus le segment se

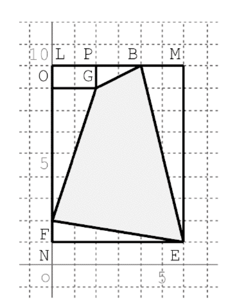
rapproche de l'horizontale, plus il va grandir. Mais la relation n'est pas simple !

De même certains angles augmentent, comme $\widehat{BDC}$ alors que d'autres diminuent, comme $\widehat{BCD}$ ou encore ne changent pas comme $\widehat{ABC}$.

J'aborde alors la question de la conservation des aires. Le deuxième devoir porte sur les transformations 3, 4 et 5 (voir ci-dessous et page suivante) et je demande si ces transformations conservent les longueurs, les angles et les aires.

Comme la semaine précédente, je précise la notion et les élèves évaluent les aires des triangles BCD, ABJ et de leurs images en comptant les carreaux. Ils constatent que la transformation 1 semble doubler les aires.

Cependant, le quadrilatère BEFG posant un problème, une méthode efficace pour évaluer les aires doit être donnée. J'explique comment on calcule l'aire d'un rectangle et celle d'un triangle rectangle. Pour les autres polygones, nous les encadrerons dans un rectangle et nous découperons la partie de ce rectangle qui entoure le polygone en triangles rectangles ou en rectangles. Nous obtiendrons l'aire du polygone considéré par soustraction. Cette façon de procéder permet d'obtenir l'aire de tous les polygones convexes et même d'autres qui ne le sont pas... De plus, je crois qu'elle oblige l'élève à réfléchir sur le sens de ce qu'il fait.



Nous ferons des exercices de ce type cette semaine...

Correction du deuxième devoir et présentation du troisième :

Figure nº 3 :

$x_3 = 2 \times x$

$y_3 = 2 \times y$

C'est la composition des deux transformations déjà rencontrées.

Les longueurs *semblent* être doublées. Les aires *semblent* être multipliées par quatre (et non par deux, ce qui surprend les élèves).

Et surtout les angles *semblent* être conservés. Les élèves perçoivent que la figure n'est pas déformée, mais simplement agrandie. C'est ce qui se passe, par exemple, sur une photographie. On reconnaît les personnages et les objets bien que leur taille soit différente. *L'absence de déformation correspond en mathématiques à la conservation des angles.*

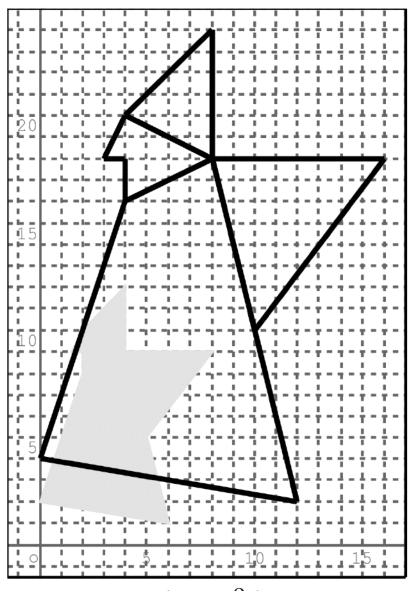


Figure nº 3

Il est indispensable d'insister ici sur le fait que nos constatations ne portent que sur un nombre limité de segments, d'angles et d'aires et nos observations ne nous permettent pas d'affirmer avec certitude que, par exemple, la transformation 3 conserve les angles, d'où l'emploi du verbe « sembler ».

À ce sujet, les transformations 1 et 2 sont très utiles puisque, par exemple, $AB = A_1B_1$ bien que la transformation 1 ne conserve pas les longueurs.

Les deux autres transformations de ce devoir sont une symétrie axiale et une translation :

Figure n° 4 :

$x_4 = 16 - x$

$y_4 = y$

Figure n° 5 :

$x_5 = x + 4$

$y_5 = y + 7$

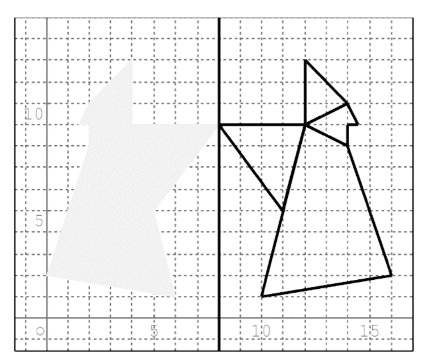


Figure n° 4

Pour l'instant, il ne s'agit que d'une simple rencontre de ces transformations. Je signale cependant leur importance et à quel niveau elles seront étudiées. Elles apparaîtront ainsi à l'élève comme faisant partie de la même famille.

Dans le même esprit, la transformation 6 du troisième devoir est une symétrie centrale. Ce devoir ne demande pas de présentation particulière. Je préviens simplement les élèves que la dernière figure est très bizarre et que je ne pose pas à son sujet les questions habituelles. Mais certains élèves tiennent à y répondre quand même !

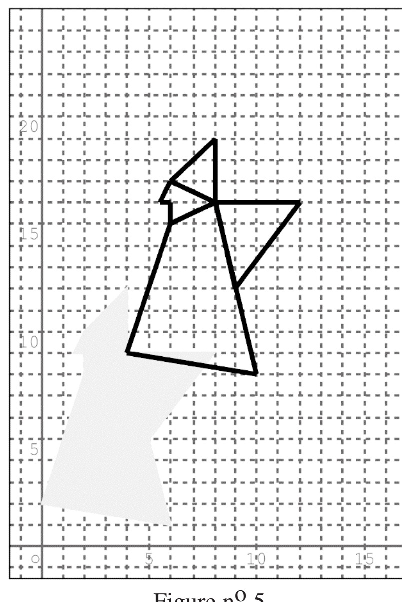


Figure n° 5

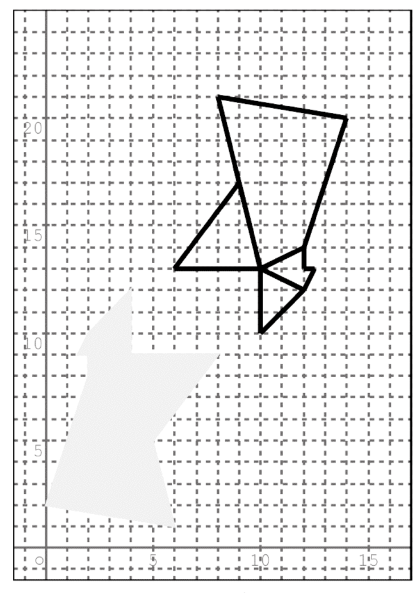


Figure n° 6

Figure nº 6 :

$x_6 = 14 - x$
$y_6 = 22 - y$

Il peut être intéressant de parler de points invariants à l'aide des exemples précédents. La transformation 1 admet une droite de points invariants : l'axe des ordonnées. De la même façon, la transformation 2 admet une droite de points invariants : l'axe des abscisses. La transformation 3, qui est la composée des deux précédentes admettra l'intersection de ces deux droites comme point invariant. C'est d'ailleurs le seul.

Nous retrouverons une droite de points invariants en étudiant la symétrie axiale et, si nous présentons la symétrie centrale comme une composition de deux symétries axiales d'axes perpendiculaires, le raisonnement précédent nous donnera le point invariant de la symétrie centrale.

Correction du troisième devoir :

Cette correction sera l'occasion de quelques nouvelles remarques.

Figure nº 7 :

$x_7 = y + 3$
$y_7 = x + 7$

Ici le Père Noël a tourné. Comme pour la figure n°3, il n'est pas déformé. L'élève a dû vérifier que les angles *semblent* conservés et que les aires *semblent* avoir été doublées.

D'après la remarque faite sur la figure n°3, il peut se demander par quel nombre sont multipliées les longueurs…

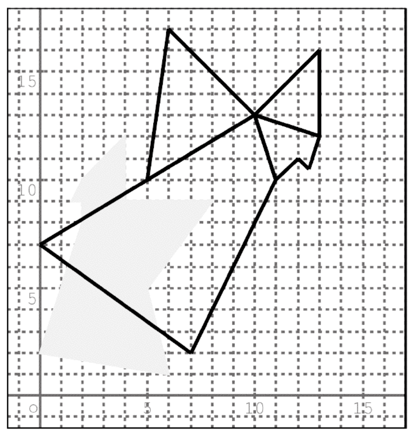


Figure nº 7

Il peut voir également que la figure nº 7 est orientée dans le sens contraire de la figure de départ. Bien qu'absente des programmes, la notion d'orientation est importante. Elle est perçue de façon intuitive par l'élève.

Par exemple, sur la figure de départ, on amène la demi-droite [BA) sur la demi-droite [BC) en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Sur la figure nº 7, on doit tourner dans l'autre sens. La transformation nº 7 ne conserve donc pas l'orientation des angles.

La même remarque sera faite lors de l'étude de la symétrie axiale.

Enfin, la figure 8 montre aux élèves qu'une transformation géométrique ne conserve pas forcément l'alignement des points.

Figure n° 8 :

$x_8 = x \times x : 6$

$y_8 = y \times y : 6$

Jusqu'à maintenant, nous avons admis implicitement que l'alignement était conservé par les transformations utilisées. L'élève, qui a traité cet exercice comme les précédents, s'aperçoit que les images des points B, D et E ne sont pas alignées, alors que B, D et E le sont sur la figure de départ.

Ceci nous amène à faire tracer la figure n° 8 par un logiciel de géométrie qui nous montrera de façon visible qu'en général, les droites ne sont pas transformées en des droites.

L'élève remarque facilement que cette fois, il a fallu multiplier les abscisses et les ordonnées entre elles pour obtenir ce résultat.

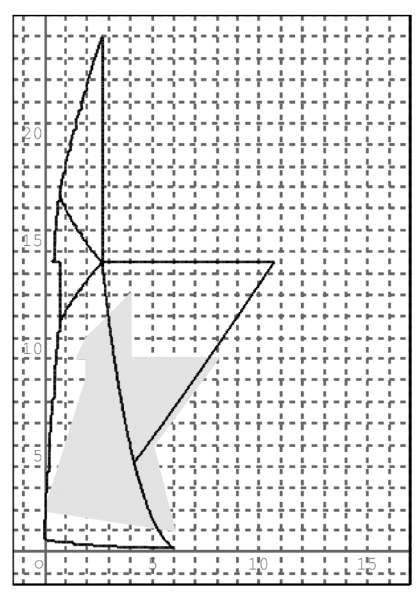


Figure n° 8

2. Relations entre les propriétés de conservation

Certains élèves s'aperçoivent que les transformations proposées ci-dessus, à part la transformation n° 8, conservent toujours les milieux. Un élève de troisième peut d'ailleurs le prouver. Comme elles conservent aussi l'alignement, la tentation est grande d'associer ces deux propriétés. Pourtant, une transformation peut très bien conserver l'alignement sans conserver les milieux.

Le professeur doit éviter de transmettre implicitement des idées fausses. Tout au long de l'année et à différents niveaux, d'autres exemples pourront lui permettre de rectifier celles qu'il aura relevées. Comment fabriquer ces exemples ?

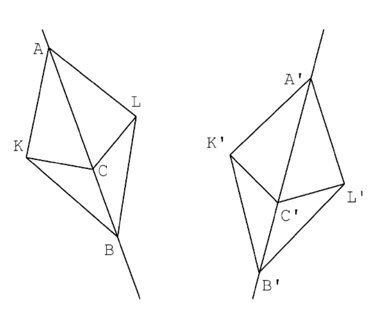
Il est tout d'abord utile de préciser les liens qui existent entre les différentes propriétés de conservation. Bien que les démonstrations de ce paragraphe n'utilisent que les connaissances d'un élève de collège, il s'adresse avant tout aux professeurs.

Rappelons pour commencer que la conservation des longueurs implique la conservation de l'alignement. La réciproque est fausse, il suffit de penser à une homothétie pour s'en convaincre. La démonstration de cette propriété peut se faire avec les connaissances d'un élève de sixième. (Je ne dis pas de donner cette démonstration en exercice en sixième).

Soient A, B, C trois points alignés. Considérons un point K, non situé sur la droite (AB) et son symétrique L, par rapport à (AB). Les points A, B et C sont sur la médiatrice de [KL] et l'on a AK = AL, BK = BL, CK = CL.

Appelons A′, B′, C′, K′ et L′ les images respectives des points A, B, C, K, et L par la transformation considérée.

En raison de la conservation des longueurs, on a A′K′ = A′L′, B′K′ = B′L′, C′K′ = C′L′. Les points A′, B′ et C′, qui sont sur la médiatrice de [K′L′], sont donc alignés.

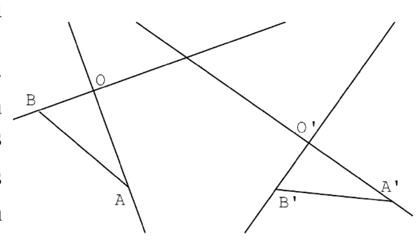


Nous supposerons désormais que toutes les transformations dont il sera question dans ce paragraphe conservent l'alignement des points.

a) La conservation des longueurs implique celle de l'orthogonalité :

C'est une conséquence immédiate du théorème de Pythagore et de sa réciproque.

Étant données deux droites perpendiculaires d_1 et d_2, sécantes en O. Prenons un point A sur d_1, un point B sur d_2, et appelons d'_1, d'_2, A′, B′ et O′ les images respectives de d_1, d_2, A, B et O par la transformation considérée.

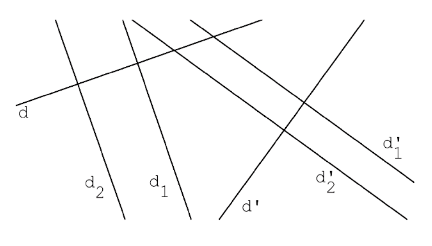


Appliquons le théorème de Pythagore dans le triangle rectangle ABO : AB^2 = OA^2 + OB^2. En raison de la conservation des longueurs, on a aussi A′B′^{2} = O′A′^{2} + O′B′^{2} et le triangle A′B′O′ est rectangle en O′. Les droites d'_1 et d'_2 sont donc perpendiculaires.

b) La conservation de l'orthogonalité implique celle du parallélisme :

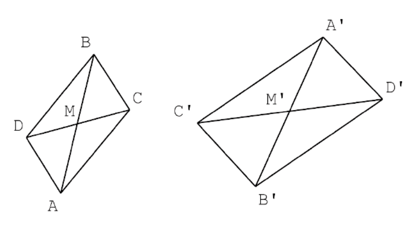
Si les droites d_1 et d_2 sont parallèles, traçons d perpendiculaire à d_1. La droite d est aussi perpendiculaire à d_2.

Soient d'_1, d'_2 et d' les images respectives de d_1, d_2 et d par la transformation considérée. La droite d' est perpendiculaire aux droites d'_1 et d'_2 qui sont donc parallèles.



c) La conservation du parallélisme implique celle des milieux :

M étant le milieu d'un segment [AB], soit C un point non situé sur la droite (AB) et D le point d'ntersection de la parallèle à (AC) passant par B et de la parallèle à (BC) passant par A. Le quadrilatère ACBD est un parallélogramme. Soient A′, B′, C′, D′ et M′ les images respectives de A, B, C, D et M par la

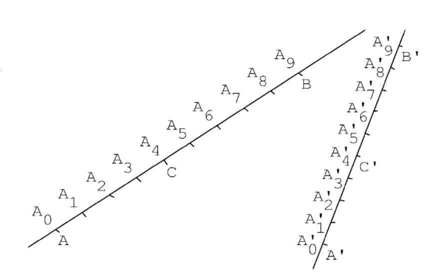


transformation considérée. Le quadrilatère A′C′B′D′ est un parallélogramme en raison de la conservation du parallélisme. Le point M étant l'intersection des diagonales (AB) et (CD) du parallélogramme ACBD, son image M′ est l'intersection des diagonales de A′C′B′D′. M′ est donc le milieu de [A′B′].

d) La conservation des milieux implique la conservation du rapport des longueurs :

Comme pour le théorème de Thalès, je me contente de démontrer ce résultat quand le rapport est rationnel et je l'admets s'il ne l'est pas.

Soient trois points alignés A, B et C. Posons $k = \frac{AB}{AC}$ avec k *rationnel*. Comme k est rationnel, il existe une longueur AA_1 et deux entiers r et s tels que $AB = r\,AA_1$ et $AC = s\,AA_1$. Autrement dit, si je prends AA**1** pour unité et A pour origine, l'abscisse de B est r, celle de C est s et $k = \frac{r}{s}$. Plaçons les points A_n d'abscisses entières n sur la droite (AB). On a : $A_0 = A$, $A_r = B$ et $A_s = C$ et, pour tout entier n, A_{n+1} est le milieu du segment $[A_nA_{n+1}]$. Soient A′, B′, C′ et A'_n les images de A, B, C et A_n par la transformation considérée. Comme cette transformation conserve les milieux, A'_{n+1} est le milieu du segment $[A'_n A'_{n+2}]$. D'autre part $A'_0 = A'$, $A'_r = B'$ et $A'_s = C'$ donc, sur la droite (A′B′), munie du repère $(A'\,;A'_1)$, l'abscisse de B′ est r celle de C′ est s et l'on a : $\frac{A'B'}{A'C'} = \frac{r}{s} = k$.

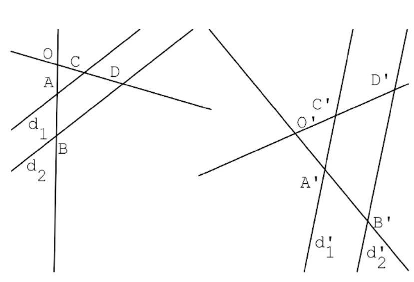


e) La conservation du rapport des longueurs implique celle du parallélisme :

C'est une conséquence immédiate du théorème de Thalès et de sa réciproque.

Soient deux droites d_1 et d_2. Par un point O non situé sur l'une d'elles, menons deux autres droites. L'une coupe d_1 en A et d_2 en B, l'autre coupe d_1 en C et d_2 en D. Comme d_1 et d_2 sont parallèles, d'après le théorème de Thalès, on a : $\frac{OA}{OB} = \frac{OC}{OD}$.

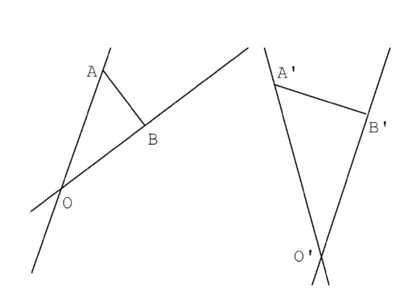
Appelons d'_1, d'_2, A′, B′, C′ et D′ les images respectives de d_1, d_2, A, B, C et D par la transformation considérée. Les rapports de longueur étant conservés, on obtient $\frac{O'A'}{O'B'} = \frac{O'C'}{O'D'}$, ce qui prouve que les droites (A′C′) et (B′D′) sont parallèles, d'après la réciproque du théorème de Thalès.



f) La conservation de l'orthogonalité équivaut à la conservation des angles :

Étant données deux droites d_1 et d_2, sécantes en O, prenons un point A de d_1 et sa projection orthogonale B sur d_2. L'angle saillant $\widehat{AOB}$ peut être défini par son cosinus : $\cos\widehat{AOB} = \dfrac{OB}{OA}$.

Soient O′, A′ et B′ les images respectives de A, B et C par la transformation considérée. L'orthogonalité étant conservée, le triangle A′O′B′ est rectangle en B′ et le rapport $\dfrac{OB}{OA}$ est aussi conservé (voir paragraphe d). On obtient donc :



$$\cos\widehat{AOB} = \frac{OB}{OA} = \frac{O'B'}{O'A'} = \cos\widehat{A'O'B'},$$

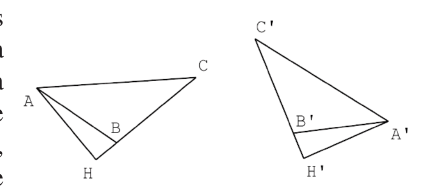
ce qui prouve la conservation des angles.

g) La conservation des longueurs implique la conservation des aires :

Comme au paragraphe d, j'admets le résultat pour les aires limitées par des courbes et me contente de le prouver pour les polygones et même pour les triangles, puisque l'aire des polygones s'en déduit aisément.

ABC étant un triangle et H la projection orthogonale de A sur la droite (BC), l'aire de ABC est $\dfrac{AH \cdot BC}{2}$.

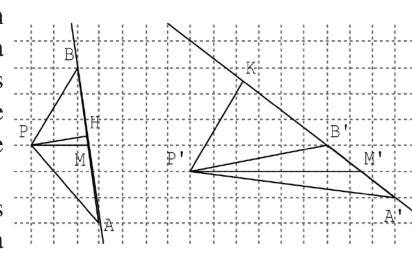
Soient A′, B′, C′ et H′ les images respectives de A, B, C et H par la transformation considérée. Comme la conservation des longueurs implique celle de l'orthogonalité, dans le triangle A′B′C′, (A′H′) est la hauteur relative à (B′C′). L'aire du triangle A′B′C′ est $\dfrac{A'H' \cdot B'C'}{2}$. Comme A′H′ = AH et B′C′ = BC, elle est égale à celle du triangle ABC.



h) La conservation des aires implique celle des milieux :

Soient un segment [AB] de milieu M, P un point non situé sur la droite (AB) et H sa projection orthogonale sur la droite (AB). Les triangles APM et BPM ont la même aire puisqu'ils ont même base AM = BM et même hauteur PH.

Appelons A′, B′, M′, P′ les images respectives de A, B, M, P et H par la



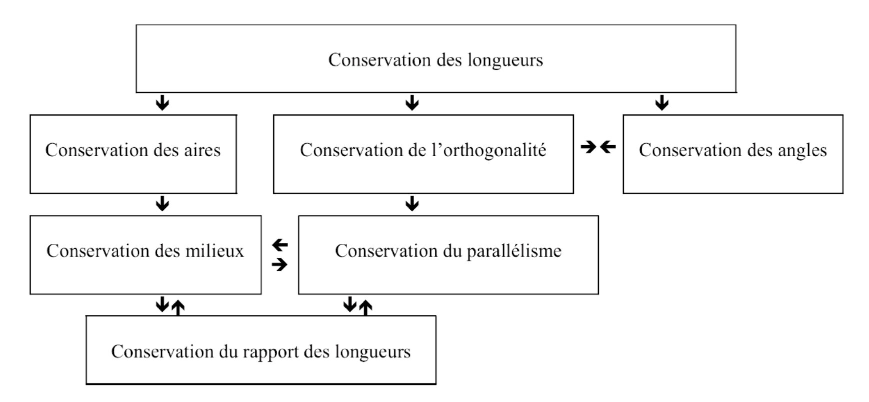
transformation considérée et K la projection orthogonale de P′ sur la droite (A′B′) (K n'est en général pas l'image de H).

Le point P′ ne peut pas être situé sur la droite (A′B′) car le triangle A′B′P′ aurait alors une aire nulle contrairement au triangle ABP.

Les triangles A′P′M′ et B′P′M′ ont la même hauteur P′K et la même aire. Ils ont donc la même base A′M′ = B′M′. Comme M′ est sur la droite (A′B′), le point M′ est le milieu de [A′B′].

Toutes ces démonstrations sont *théoriquement* à la portée d'un élève de collège, puisque seules des notions au programme du collège sont utilisées. Mais, les transformations considérées sont abstraites et cette abstraction est rarement à la portée de nos élèves. Cependant, elles permettent de répondre aux questions des plus curieux d'entre eux. Certains remarquent par exemple, la liaison entre la conservation des milieux et celle du parallélisme et sont prêts à approfondir.

Résumons ces résultats dans un schéma :



Et maintenant, il reste à chercher un contre-exemple toutes les fois qu'une seule flèche relie deux propriétés, ce qui prouvera qu'elles ne sont pas équivalentes. Je renvoie le lecteur intéressé à mon article de la *Feuille de Vigne* nº 100, en ligne sur le site de l'IREM de Dijon. L'annexe 1(*) donne un exemple de transformation conservant l'aire sans conserver les longueurs.

Annexe 1

Voici le contrôle que j'ai donné cette année dans mes deux sixièmes, une semaine après la rentrée de janvier, c'est-à-dire une semaine après leur avoir rendu le dernier devoir.

(*) N.D.L.R. La symétrie oblique en est un autre exemple.

Contrôle de mathématiques du 15 janvier 2007 6èmes 2 et 4

On donne les points : A (3 ; 7), B (1 ; 4) et C (5 ; 3).

a) Tracer le triangle ABC.

b) La transformation géométrique t est définie par : $\begin{cases} x_1 = 9 + y - x \\ y_1 = 7 - y \end{cases}$.

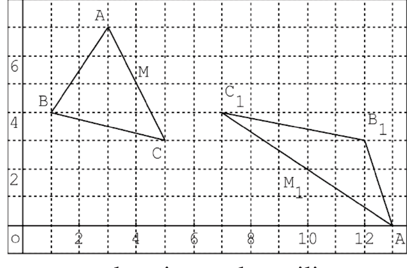
Calculer les coordonnées des images A_1, B_1, C_1, des points A, B, C par la transformation géométrique t et tracer le triangle $A_1B_1C_1$ sur la même figure.

c) Mesurer AC et A_1C_1. Que pouvez-vous en conclure pour la transformation géométrique t ?

d) Mesurer $\widehat{ABC}$ et $\widehat{A_1B_1C_1}$. Que pouvez-vous en conclure pour la transformation géométrique t ?

e) Mesurer l'aire du triangle ABC et celle du triangle $A_1B_1C_1$. Que pouvez-vous en conclure pour la transformation géométrique t ?

f) On appelle M le milieu de [AC]. Placer le point et lire ses coordonnées sur la figure. Calculer les coordonnées de l'image M_1 de M par la transformation géométrique t et placer le point M_1 sur la figure. Que pouvez-vous en conclure pour la transformation géométrique t ?



Cette fois la figure est plus classique, la durée d'un contrôle ne permettant pas de traiter beaucoup de points.

La question f, qui n'avait pas été abordée en classe, est un *bonus*. C'est-à-dire qu'on peut avoir 20 sans l'avoir traitée. Elle me permet d'occuper les élèves rapides en laissant du temps aux plus lents.

L'intérêt de la transformation t est qu'elle conserve les aires et les milieux sans conserver ni les longueurs, ni les angles. Ce résultat est très surprenant pour les élèves.

Fabriquer une telle transformation ne présente aucune difficulté : il suffit de tracer sur un quadrillage deux triangles de même aire et de résoudre deux systèmes de trois équations à trois inconnues.

Une des deux classes a estimé le contrôle plutôt difficile, l'autre normal voire facile. Cependant les résultats des deux classes sont analogues et les mêmes qu'habituellement : un quart en dessous de 8, la moitié au dessus de 12 et un quart au dessus de 15.

Annexe 2

En prévision de cet article, j'avais demandé aux élèves qui le souhaitaient de m'écrire *franchement* ce qu'ils ont pensé des devoirs sur les pères Noël. J'ai reçu vingt-et-une réponses de mes quarante-neuf élèves, en voici quelques-unes. J'ai corrigé l'orthographe mais respecté le vocabulaire.

En général, les devoirs apparaissent amusants, mais souvent difficiles au début. Une fois la difficulté initiale surmontée, l'élève prend plaisir à faire l'exercice. Le principal reproche est la longueur ou la rapidité. Nous avons, en effet, commencé la série un peu trop tard cette année et je tenais à terminer avant Noël.

« J'ai bien aimé les Pères Noël. Au début, je n'avais pas tout à fait compris pour dire les transformations mais je me suis adaptée et j'ai réussi à avoir de bonnes notes. J'ai surtout aimé placer les points, tracer les segments. J'étais curieuse à chaque fois de découvrir les différentes formes des Pères Noël. »

« Les exercices étaient nombreux avec beaucoup de questions. Il m'a fallu du temps pour comprendre ce qu'il fallait faire. Dès que j'ai pu commencer à faire le premier Père Noël, les autres ont été plus faciles. Les difficultés étaient moyennes et les figures longues à faire. »

« Je ne l'ai pas compris tout de suite, mais après, c'était très amusant de le faire. Parce que j'avais l'impression que c'était un jeu. Il y avait quelques Pères Noël où il fallait bien réfléchir. »

« Je pense que le devoir sur les Pères Noël était compliqué à comprendre au début et facile ensuite, qu'il était long puisqu'il était sur plusieurs semaines. »

« Pour moi les Pères Noël étaient bien. C'était assez marrant au début, mais à force d'en faire cela devenait assez ennuyant. »

« J'ai aimé les Pères Noël parce que j'aime la géométrie et j'ai aimé jouer avec la taille du Père Noël. J'aime les agrandir, les rétrécir et les faire tourner dans tous les sens. »

« J'ai bien aimé ce devoir, surtout avant Noël. Le fait de faire une sorte de quadrillage et de mettre des points dedans et que ça forme un Père Noël, j'ai bien aimé. Les transformations aussi. La seule chose qui m'a un peu dérangée, c'est que ça a été un peu trop rapide. À part ça, il était bien et intéressant. »

« J'ai bien aimé les Pères Noël. C'était assez facile à faire, à part le dernier avec les divisions. Mais c'était trop long à faire, mais c'était assez amusant. »

« J'ai bien aimé car c'est traditionnel et ça ressemble à un jeu. Mais quelquefois c'était difficile, j'ai bien aimé. »

« J'ai bien aimé cet exercice, mais il faut du temps pour s'adapter à cette nouvelle technique de travail. »

« J'ai bien aimé le DM avec les transformations des Pères Noël car, ça prouve que rien qu'en changeant les calculs on retrouve des Pères Noël, mais transformés. En même temps ça nous fait calculer les longueurs, les angles et les aires et aussi les comparer. »

Mais quelques élèves ne sont pas d'accord :

« J'ai trouvé que les Pères Noël étaient très durs et j'ai mélangé toutes les figures. »

« J'ai trouvé les Pères Noël durs car je n'y arrivais pas trop. »

« Le devoir maison sur le Père Noël m'a moyennement plu. Je préfère les exercices normaux. »

« Pour moi, les exercices des Pères Noël ne m'ont pas plu. Parce que ça ne m'a pas amusée comme les autres exercices que je prends comme des jeux, je l'ai trouvé ennuyant. »